

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-120027

(43) 公開日 平成9年(1997)5月6日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	13/00		G 0 2 B	13/00
	3/10			3/10
	5/32			5/32
	13/18			13/18
G 1 1 B	7/135		G 1 1 B	7/135
				A
			審査請求 有	請求項の数17 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平8-189208

(22) 出願日 平成8年(1996)7月18日

(31) 優先権主張番号 特願平7-210735

(32) 優先日 平7(1995)8月18日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 田中 康弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 山形 道弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 金馬 慶明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 池内 寛幸 (外1名)

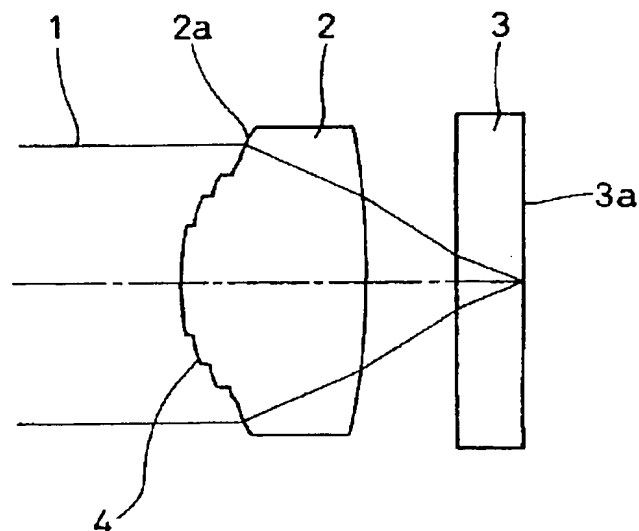
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多重焦点レンズ、光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 異なる基板厚さのディスクを記録、再生する際に、成形条件などによって生じる対物レンズのコマ収差の影響を、複数のどの基板厚さのディスクを用いても受けず、情報の書き込み時や読み取り時における信号の劣化の無い良好な読み書きを可能とする。

【解決手段】 回折次数の異なる光線、例えば0次回折光及び1次回折光が、それぞれ厚さの異なる2種類の基板に対して集光するよう収差補正された回折格子4を非球面对物レンズ2の第1面に形成する。また、対物レンズ2の軸上コマ収差を補正するために、対物レンズ2全体を傾け、その傾斜角が厚さの異なる複数の基板に対してそれぞれその光軸を傾ける角度が略同一であるように構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回折次数の異なる光線が、それぞれ厚さの異なる複数の基板に対して集光するよう収差補正された回折手段を含み、かつ、レンズの軸上コマ収差を補正するためにレンズ全体を傾ける際、その傾斜角が前記厚さの異なる複数の基板に対してそれぞれ略同一である多重焦点対物レンズ。

\*

$$L_1 / (J_1 + D_1) \approx L_2 / (J_2 + D_2)$$

$J_1$  : 第1の基板に対する軸外の単位角度当たりのコマ収差 ( $m\lambda$ )

$J_2$  : 第2の基板に対する軸外の単位角度当たりのコマ収差 ( $m\lambda$ )

$D_1$  : 第1の基板が傾いたとき発生する単位角度当たりのコマ収差 ( $m\lambda$ )

$D_2$  : 第2の基板が傾いたとき発生する単位角度当たりのコマ収差 ( $m\lambda$ )

$L_1$  : 第1の基板に対するレンズの軸上コマ収差 ( $m\lambda$ )

$L_2$  : 第2の基板に対するレンズの軸上コマ収差 ( $m\lambda$ )

【請求項3】 回折手段を含み、前記回折手段の0次回折光を第1の基板の情報記録面上に集光し、前記回折手段の1次回折光を前記第1の基板と厚さの異なる第2の※

\*【請求項2】 回折手段を含み、前記回折手段の0次回折光を第1の基板の情報記録面上に集光し、前記回折手段の1次回折光を前記第1の基板と厚さの異なる第2の基板の情報記録面上に集光し、(数1)の条件を満足する多重焦点レンズ。

【数1】

※基板の情報記録面上に集光し、残存コマ収差  $ZC$  が (数2) の条件を満足する多重焦点レンズ。

【数2】

$$ZC = |L_1 / (J_2 + D_2) / (J_1 + D_1) - L_2| < 20$$

$J_1$  : 第1の基板に対する軸外の単位角度当たりのコマ収差 ( $m\lambda$ )

$J_2$  : 第2の基板に対する軸外の単位角度当たりのコマ収差 ( $m\lambda$ )

$D_1$  : 第1の基板が傾いたとき発生する単位角度当たりのコマ収差 ( $m\lambda$ )

$D_2$  : 第2の基板が傾いたとき発生する単位角度当たりのコマ収差 ( $m\lambda$ )

$L_1$  : 第1の基板に対するレンズの軸上コマ収差 ( $m\lambda$ )

$L_2$  : 第2の基板に対するレンズの軸上コマ収差 ( $m\lambda$ )

【請求項4】 前記回折手段を対物レンズのいずれかの一面に形成した請求項1から3のいずれかに記載の多重焦点レンズ。

【請求項5】 前記対物レンズは、少なくとも1面が非球面の単レンズである請求項4記載の多重焦点レンズ。

【請求項6】 前記回折手段を平面基板上に形成した請求項1から3のいずれかに記載の多重焦点レンズ。

【請求項7】 前記回折手段は位相格子である請求項1から6のいずれかに記載の多重焦点レンズ。

【請求項8】 前記回折手段は、同心円状の位相格子で

ある請求項4又は5記載の多重焦点レンズ。

【請求項9】 前記厚さの異なる複数の基板は2種類であり、前記2種類の基板に対してそれぞれ前記回折手段の0次回折光と1次回折光を用いて集光する請求項1から3のいずれかに記載の多重焦点レンズ。

【請求項10】 前記2種の基板のうち厚さの厚い方の基板を0次回折光で集光する請求項9記載の多重焦点レンズ。

【請求項11】 前記2種の基板のうち厚さの薄い方の基板を0次回折光で集光する請求項9記載の多重焦点レ

ンズ。

【請求項12】 前記対物レンズは少なくとも1面が非球面の単レンズであり、前記対物レンズが軸上において有するコマ収差は、前記レンズの第1面と第2面が相対的に0.05度傾いたときに発生するコマ収差である請\*

$$|f a^2 \{1/(f d \cdot V d) + 1/(f s \cdot V s)\}| < 0.0025$$

$$V s = (n \lambda - 1) / (n \lambda (-) - n \lambda (+))$$

$$V d = \lambda / (\lambda (-) - \lambda (+))$$

$\lambda$  : 設計波長

$\lambda (+)$  : 設計波長より10nm長い波長

$\lambda (-)$  : 設計波長より10nm短い波長

$n \lambda$  : 設計波長におけるレンズの屈折率

$n \lambda (+)$  : 設計波長より10nm長い波長におけるレンズの屈折率

$n \lambda (-)$  : 設計波長より10nm短い波長におけるレンズの屈折率

$f s$  : 0次回折光により定義されるレンズの焦点距離

$f d$  : 回折手段のみによるレンズの焦点距離

$f a$  : 1次回折光により定義されるレンズの焦点距離

【請求項14】 前記対物レンズの少なくとも一面に回折手段を一体化し、ガラス成形及び樹脂成形から選択されたいずれかの方法により作成した請求項1から13のいずれかに記載の多重焦点対物レンズ。

【請求項15】 前記平面基板をガラス成形及び樹脂成形から選択されたいずれかの方法により作成した請求項6記載の多重焦点対物レンズ。

【請求項16】 光源と、前記光源から出射された光線を情報媒体面上に集光する集光手段と、前記情報媒体で変調された光束を分離するための光束分離手段と、前記情報媒体で変調された光を受光する受光手段を具備し、前記集光手段は請求項1から15のいずれかに記載されたものである光ヘッド装置。

【請求項17】 請求項16の光ヘッド装置を用いて、厚さの異なる複数種類の記録媒体に情報を記録し、再生する光学情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、デジタルビデオディスク、デジタルオーディオディスク、コンピュータ用の光メモリディスクなどの光ヘッドに用いられる対物レンズに関し、特に厚さの異なる複数種類の基板に対して収差を補正した多重焦点対物レンズ、それを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、光ディスク用の光ヘッド装置において、情報媒体面上に回折限界の点像を集光し、情報を記録し又は再生するための対物レンズとして、非球面を用いた単レンズが多く使用されている。以下、従来の

\* 求項1から3のいずれかに記載の多重焦点レンズ。

【請求項13】 (数3)を満足する請求項1から3のいずれかに記載の多重焦点レンズ。

【数3】

対物レンズについて、図面を参照しつつ説明する。従来の対物レンズとディスク（記録媒体）の関係を図16に示す。図16(a)において、非球面对物レンズ15はディスク16に対して、回折限界内の性能を確保しているものとする。ここで、ディスク厚さの異なるディスク18に対して同一の対物レンズ15で光を集光しようとすると、ディスク厚さの差によって、回折限界内の性能を得ることができない。そこで、図16(b)に示すように、基板厚さの異なるディスク18に対しては、異なる対物レンズ17を使用する必要がある。すなわち、基板厚さの異なる複数種類のディスクを同じ光ヘッドで記録し、再生する場合、基板厚さの種類に応じて、複数の対物レンズを用意しなければならなかった。

【0003】 これに対して、ホログラムにより1つの対物レンズで2つの焦点を形成する方法が提案されている。(例えば、KOMMA et al.: OPTICAL REVIEW Vol.1, No.1(1994) 27-29 参照)。ホログラムを用いた2焦点対物レンズの構成を図17に示す。ディスク16に対しては、図17(a)に示すように、ホログラム19の0次回折光21が対物レンズ20を透過したとき、回折限界内のスポットを集光するように対物レンズが設計されている。一方、基板厚さのことなるディスク18に対しては、図17(b)に示すように、ホログラム19の1次回折光22が対物レンズ20を透過したとき、回折限界内のスポットを集光するようにホログラム19が設計されている。ホログラムの0次回折光と1次回折光の光量比が1対1になるように、ホログラムの回折効率を設計することで、2つの焦点を形成し、それぞれの焦点が基板厚さの異なるディスクに対して収差補正された状態

とすることができる。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般に、対物レンズがディセンターや傾きなどの製造誤差を伴う場合、軸上においてもコマ収差を有することがある。図18(a)はホログラム19の0次回折光21が、ディスク16に集光した時、コマ収差が出ている様子を示したものである。この場合、ディスクに垂直な光軸に対して、対物レンズ20とホログラム19を同時に傾けると、図18

(b)に示すように、ある角度において、コマ収差が補正される。次に、異なる基板厚さのディスク18を使用すると、ホログラム19の1次回折光22が集光されるが、コマ収差が補正される条件が、ディスク16のときと異なるため、図18(b)では補正されていたコマ収差が、図18(c)では補正されず、異なったコマ収差が発生するという問題を有していた。

【0005】本発明は、以上のような従来例の問題点を解決するためになされたものであり、厚さの異なる複数種類のディスク（記録媒体又は基板）に対して、コマ収差を補正する条件がほぼ同じになるよう設計された多重焦点レンズ、それを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置を提供することを目的としている。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の多重焦点レンズは、回折次数の異なる光線が、それぞれ厚さの異なる複数の基板に対して集光するよう収差補正された回折手段を含み、かつ、レンズの軸上コマ収差を補正するためにレンズ全体を傾ける際、その傾斜角が前記厚さの異なる複数の基板に対してそれぞれ略同一である。

【0007】また、本発明の別の多重焦点レンズは、回折手段を含み、前記回折手段の0次回折光を第1の基板の情報記録面上に集光し、前記回折手段の1次回折光を前記第1の基板と厚さの異なる第2の基板の情報記録面上に集光し、前記（数1）の条件を満足する。

【0008】また、本発明のさらに別の多重焦点レンズは、回折手段を含み、前記回折手段の0次回折光を第1の基板の情報記録面上に集光し、前記回折手段の1次回折光を前記第1の基板と厚さの異なる第2の基板の情報記録面上に集光し、残存コマ収差ZCが前記（数2）の条件を満足する。

【0009】上記各構成において、前記回折手段を対物レンズのいずれかの一面に形成することが好ましい。また、前記対物レンズは、少なくとも一面が非球面の単レンズであることが好ましい。

【0010】または、前記回折手段を平面基板上に形成することが好ましい。また、前記回折手段は位相格子であることが好ましい。さらに、前記回折手段は、同心円状の位相格子であることが好ましい。

【0011】上記各構成において、前記厚さの異なる複

数の基板は2種類であり、前記2種類の基板に対してそれぞれ前記回折手段の0次回折光と1次回折光を用いて集光することが好ましい。

【0012】また、前記2種の基板のうち厚さの厚い方の基板を0次回折光で集光することが好ましい。または、前記2種の基板のうち厚さの薄い方の基板を0次回折光で集光することが好ましい。

【0013】上記各構成において、前記対物レンズは少なくとも1面が非球面の単レンズであり、前記対物レンズが軸上において有するコマ収差は、前記レンズの第1面と第2面が相対的に0.05度傾いたときに発生するコマ収差であることが好ましい。

【0014】また、前記（数3）を満足することが好ましい。

【0015】上記いずれかの構成において、前記対物レンズの少なくとも一面に回折手段を一体化し、ガラス成形及び樹脂成形から選択されたいずれかの方法により作成することが好ましい。

【0016】また、前記平面基板をガラス成形及び樹脂成形から選択されたいずれかの方法により作成することが好ましい。

【0017】一方、本発明の光ヘッド装置は、光源と、前記光源から出射された光線を情報媒体面上に集光する集光手段と、前記情報媒体で変調された光束を分離するための光束分離手段と、前記情報媒体で変調された光を受光する受光手段を具備し、前記集光手段は上記各構成のいずれかに記載されたものである。

【0018】また、本発明の光学情報記録再生装置は、上記光ヘッド装置を用いて、厚さの異なる複数種類の記録媒体に情報を記録し、再生する。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以上のように、本発明の多重焦点レンズは、回折次数の異なる光線が、それぞれ厚さの異なる複数の基板に対して集光するよう収差補正された回折手段を含み、かつ、レンズの軸上コマ収差を補正するためにレンズ全体を傾ける際、その傾斜角が前記厚さの異なる複数の基板に対してそれぞれ略同一である。すなわち、光ヘッド装置の組立てにおいて、レンズの軸上コマ収差を補正するためにレンズ全体を傾けることが行われるが、基板厚さの異なる複数の情報記録媒体（光ディスク）に対して、それぞれレンズの傾斜角を略同一にすることにより、一つの対物レンズで複数の情報記録媒体に対して良好な集光スポットを得ることができ、安定した性能で情報を記録し、または情報を再生することができる。

【0020】また、本発明の別の多重焦点レンズは、回折手段を含み、前記回折手段の0次回折光を第1の基板の情報記録面上に集光し、前記回折手段の1次回折光を前記第1の基板と厚さの異なる第2の基板の情報記録面上に集光し、前記（数1）の条件を満足する。すなわ

ち、上記情報記録媒体を2種類に限定したものである。

(数1)の左辺は第1の基板に対するレンズの傾斜角を表し、右辺は第2の基板に対するレンズの傾斜角を表す。

【0021】また、本発明のさらに別の多重焦点レンズは、回折手段を含み、前記回折手段の0次回折光を第1の基板の情報記録面上に集光し、前記回折手段の1次回折光を前記第1の基板と厚さの異なる第2の基板の情報記録面上に集光し、残存コマ収差ZCが前記(数2)の条件を満足する。すなわち、ある程度レンズの残存コマ収差が許容できる場合について条件を設定したものである。また、前記(数3)は色収差を補正した場合の条件を示す。

【0022】以下、本発明の多重焦点対物レンズについて、図面を参照しつつ具体的に説明する。図1は、本発明の多重焦点対物レンズの実施例1から4に対応する構成を示す光路図である。図1において、入射光線1は対物レンズ2に入射する。対物レンズ2は両面非球面の単レンズであり、入射側の面2aに位相格子4が形成されている。入射光線1はディスク3の情報媒体面3aに集光される。ここで、ディスク3の厚さが1.2mmの場合と0.6mmの場合で、位相格子4の1次回折光と0次回折光を使い分ける。

【0023】図2は、本発明の多重焦点対物レンズの実施例5に対応する構成を示す光路図である。図2において、入射光線1は位相格子を形成した平面基板5を透過した後、両面非球面の対物レンズ6に入射し、ディスク3の情報媒体面に集光される。図1に示す場合と同様

$$X = \frac{C_j h^2}{1 + \{1 - (1 + C C_j) C_j^2 n^2\}^{1/2}} + \sum A_{j,n}$$

X: 光軸からの高さがhの非球面上の点の非球面頂点の接平面からの距離

h: 光軸からの高さ

C<sub>j</sub>: 対物レンズの第j面の非球面頂点の曲率(C<sub>j</sub> = 1/R<sub>j</sub>)

CC<sub>j</sub>: 対物レンズの第j面の円錐定数

A<sub>j,n</sub>: 対物レンズの第j面のn次の非球面係数

但し、j = 1, 2

【0027】また、位相格子は超高屈折率法により表現した(William C. Sweatt: Describing holographic optical elements as lenses: Journal of Optical Society of America, Vol. 67, No. 6, June 1977 参照)。位相格子を表す非球面形状は通常の非球面形状と同じ(数

に、ディスク3の厚さが1.2mmの場合と0.6mmの場合で、平面基板5上の位相格子の1次回折光と0次回折光を使い分ける。

【0024】次に、本発明の多重焦点対物レンズの具体的な数値例を示す。なお、以下の各実施例において共通な仕様として、設計の中心波長を660nm、第1のディスクの厚さを0.6mm、第2のディスクの厚さを1.2mm、ディスクの屈折率を1.57815、第1のディスクに対する開口数(NA)を0.60、第2のディスクに対する開口数(NA)を0.43とした。また、以下の各実施例において、(表1)に示す符号を共通とする。また、非球面形状は、以下の(数4)で与えられる。

【0025】

【表1】

f<sub>1</sub>: 第1のディスクに対する対物レンズの焦点距離

f<sub>2</sub>: 第2のディスクに対する対物レンズの焦点距離

f<sub>d</sub>: 回折素子の焦点距離

R<sub>1</sub>: 対物レンズの第1面の曲率半径

R<sub>2</sub>: 対物レンズの第2面の曲率半径

d: 対物レンズのレンズ厚さ

n: 対物レンズの屈折率

WD<sub>1</sub>: 第1のディスクに対する対物レンズの作動距離

WD<sub>2</sub>: 第2のディスクに対する対物レンズの作動距離

【0026】

【数4】

4)で表し、各符号を(表2)のように定義する。また、レンズの各性能を表すパラメータを(表3)のように定義する。

【0028】

【表2】

Cd : 位相格子を表す非球面の非球面頂点の曲率 ( $Cd = 1/Rd$ )

CCd : 位相格子を表す非球面の円錐定数

Adn : 位相格子を表す非球面のn次の非球面係数

nd : 位相格子を表す超高屈折率

dd : 位相格子と対物レンズ第1面との間隔

【0029】

\* \* 【表3】

J<sub>1</sub> : 第1のディスクに対する軸外1度でのコマ収差 (mλ)

J<sub>2</sub> : 第2のディスクに対する軸外1度でのコマ収差 (mλ)

D<sub>1</sub> : 第1のディスクが1度傾いたときに発生するコマ収差 (mλ)

D<sub>2</sub> : 第2のディスクが1度傾いたときに発生するコマ収差 (mλ)

L<sub>1</sub> : 第1のディスクに対するレンズの第1面と第2面が互いに

0.05度傾いたときに発生するコマ収差

L<sub>2</sub> : 第2のディスクに対するレンズの第1面と第2面が互いに

0.05度傾いたときに発生するコマ収差

A<sub>1</sub> : 第1のディスクに対するレンズが持っているコマ収差L<sub>1</sub>を

補正するために必要なレンズのあおり角度 (度)

A<sub>2</sub> : 第2のディスクに対するレンズが持っているコマ収差L<sub>2</sub>を

補正するために必要なレンズのあおり角度 (度)

DA : 第1のディスクと第2のディスクでのコマ収差を補正する

ためのあおり角度の差

ZC : 第1のディスクに対してあおり補正をしたあと、第2の

ディスクを透過したときに発生する残存コマ収差

【0030】なお、あおり角度の差DA及び残存コマ収差ZCは以下の(数5)で定義される。

【0031】

【数5】

$$DA = \frac{L_1 (J_2 + D_2) - L_2 (J_1 + D_1)}{(J_1 + D_1) \cdot (J_2 + D_2)}$$

$$ZC = |L_1 (J_2 + D_2) / (J_1 + D_1) - L_2|$$

【0032】また、実施例4及び6においては、以下の(表4)に示す値についても記載した。

【0033】

30 【表4】

11

$$V_s : V_s = (n\lambda - 1) / (n\lambda(-) - n\lambda(+))$$

$$V_d : V_d = \lambda / (\lambda(-) - \lambda(+))$$

$$f_a^2 : (1 / (f_d \cdot V_d) + 1 / (f_s \cdot V_s))$$

12

ただし

 $\lambda$  : 設計波長 $\lambda(+)$  : 設計波長より10nm長い波長 $\lambda(-)$  : 設計波長より10nm短い波長 $n\lambda$  : 設計波長におけるレンズの屈折率 $n\lambda(+)$  : 設計波長より10nm長い波長におけるレンズの屈折率 $n\lambda(-)$  : 設計波長より10nm短い波長におけるレンズの屈折率 $f_s$  : 0次回折光により定義されるレンズの焦点距離 $f_d$  : 回折手段のみによるレンズの焦点距離 $f_a$  : 1次回折光により定義されるレンズの焦点距離

## 【0034】

【実施例1】実施例1の具体的な数値を(表5)に示す。

実施例1では、両面非球面対物レンズの入射面側(第1面側)に位相格子を設けている。第1のディスクに対して位相格子の0次回折光を、第2のディスクに対して1次回折光をそれぞれ使用する構成である。位相格子を表すパラメータを以下の(表6)に示す。また、レンズの性能を表すパラメータを以下の(表7)に示す。表7からわかるように、第1のディスクでコマ収差を完全に補正するまでレンズをあおり調整した状態で、第2のディスクを透過したときに発生するコマ収差、すなわち残存コマ収差ZCは、わずか3.35mλと非常に小さな値となっている。実施例1の第1のディスクに対する収差図を図3に示し、第2のディスクに対する収差図を図4に示す。なお、図3から図12の各収差図において

(a)の収差図の点線は球面収差、実線は正弦条件を示す。また(b)の収差図の点線はタンジェンシャル方向の非点収差、実線はサジタル方向の非点収差を示す。

## 【0035】

## 【表5】

$$f_1 = 3.300$$

$$f_2 = 3.470$$

$$f_d = -63.55$$

$$R_1 = 2.1558086$$

$$R_2 = -12.3141$$

$$d = 1.95$$

$$n = 1.58505$$

$$WD_1 = 1.818$$

$$WD_2 = 1.618$$

$$CC_1 = -0.5831234$$

$$A_{1,4} = 0.1096160 \times 10^{-2}$$

$$A_{1,6} = 0.7696830 \times 10^{-4}$$

$$A_{1,8} = -0.3096378 \times 10^{-5}$$

$$A_{1,10} = -0.2498079 \times 10^{-5}$$

$$A_{1,12} = -0.5937861 \times 10^{-6}$$

$$A_{1,14} = -0.1236822 \times 10^{-6}$$

$$A_{1,16} = -0.2874145 \times 10^{-7}$$

$$A_{1,18} = -0.7880838 \times 10^{-8}$$

$$CC_2 = -0.6148647 \times 10^{-2}$$

$$A_{2,4} = 0.5599796 \times 10^{-2}$$

$$A_{2,6} = -0.1096351 \times 10^{-2}$$

$$A_{2,8} = 0.1248956 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,10} = -0.4164452 \times 10^{-5}$$

$$A_{2,12} = -0.1063211 \times 10^{-6}$$

$$A_{2,14} = -0.2827017 \times 10^{-6}$$

$$A_{2,16} = -0.1185695 \times 10^{-7}$$

$$A_{2,18} = 0.3290121 \times 10^{-7}$$

40

13

【表6】

$Rd = 2.1558197$   
 $dd = 0$   
 $CCd = -0.5831211$   
 $Ad_4 = 0.1096087 \times 10^{-2}$   
 $Ad_6 = 0.7696634 \times 10^{-4}$   
 $Ad_8 = -0.3096928 \times 10^{-5}$   
 $Ad_{10} = -0.2497977 \times 10^{-5}$   
 $Ad_{12} = -0.5937990 \times 10^{-6}$   
 $Ad_{14} = -0.1236881 \times 10^{-6}$   
 $Ad_{16} = -0.2874025 \times 10^{-7}$   
 $Ad_{18} = -0.7879282 \times 10^{-8}$   
 $nd = 6601$

【0037】

【表7】

$J_1 = 1.9$   
 $J_2 = 35.0$   
 $D_1 = -100.1$   
 $D_2 = -65.6$   
 $L_1 = -58.9$   
 $L_2 = -21.7$   
 $A_1 = 0.60$   
 $A_2 = 0.71$   
 $DA = -0.11$   
 $ZC = 3.35$

【0038】

【実施例2】実施例2の具体的数値を(表8)に示す。  
 実施例2では、両面非球面对物レンズの入射面側(第1面側)に位相格子を設けている。第1のディスクに対して位相格子の0次回折光を、第2のディスクに対して1次回折光を使用する構成である。位相格子を表すパラメータを(表9)に示す。また、レンズの性能を表すパラメータを(表10)に示す。表10からわかるように、第1のディスクでコマ収差を完全に補正するまでレンズをあおり調整した状態で、第2のディスクを透過したときに発生するコマ収差、すなわち残存コマ収差ZCは、わずか2.82mλと非常に小さな値となっている。実施例2では、第1のディスクにおける軸外のコマ収差と、第2のディスクにおける軸外のコマ収差のバランスをとることにより、いずれのディスク厚さの基板においても対物レンズの軸外性能が極端に悪化しないような考慮がなされている。なお、実施例2の第1のディスクに対する収差図を図5に示し、第2のディスクに対する収差図を図6に示す。

【0039】

【表8】

10

20

30

40

50

14

$f_1 = 3.300$   
 $f_2 = 3.466$   
 $fd = -64.83$   
 $R_1 = 2.1558086$   
 $R_2 = -12.3141$   
 $d = 1.95$   
 $n = 1.58505$   
 $WD_1 = 1.818$   
 $WD_2 = 1.614$   
 $CC_1 = -0.5799059$   
 $A1_4 = 0.1145763 \times 10^{-2}$   
 $A1_6 = 0.9992302 \times 10^{-4}$   
 $A1_8 = 0.4690929 \times 10^{-5}$   
 $A1_{10} = -0.5053259 \times 10^{-6}$   
 $A1_{12} = 0.4115106 \times 10^{-8}$   
 $A1_{14} = 0.3700554 \times 10^{-7}$   
 $A1_{16} = 0.2946913 \times 10^{-8}$   
 $A1_{18} = -0.5026041 \times 10^{-8}$   
 $CC_2 = -0.6701698 \times 10^{-2}$   
 $A2_4 = 0.5706935 \times 10^{-2}$   
 $A2_6 = -0.9821985 \times 10^{-3}$   
 $A2_8 = 0.8621557 \times 10^{-4}$   
 $A2_{10} = 0.7490003 \times 10^{-5}$   
 $A2_{12} = -0.1187188 \times 10^{-5}$   
 $A2_{14} = -0.8258067 \times 10^{-6}$   
 $A2_{16} = -0.1263532 \times 10^{-6}$   
 $A2_{18} = 0.6446279 \times 10^{-7}$

【0040】

【表9】

$Rd = 2.1558195$   
 $dd = 0$   
 $CCd = -0.5831211$   
 $Ad_4 = 0.1145736 \times 10^{-2}$   
 $Ad_6 = 0.9992439 \times 10^{-4}$   
 $Ad_8 = 0.4691058 \times 10^{-5}$   
 $Ad_{10} = -0.5053310 \times 10^{-6}$   
 $Ad_{12} = 0.4115163 \times 10^{-8}$   
 $Ad_{14} = 0.3700600 \times 10^{-7}$   
 $Ad_{16} = 0.2946752 \times 10^{-8}$   
 $Ad_{18} = -0.5025686 \times 10^{-8}$   
 $nd = 6601$

【0041】

【表10】



(9)

15  
 $J_1 = -20.8$   
 $J_2 = 28.1$   
 $D_1 = -99.0$   
 $D_2 = -64.9$   
 $L_1 = -62.1$   
 $L_2 = -21.9$   
 $A_1 = 0.52$   
 $A_2 = 0.60$   
 $DA = -0.08$   
 $ZC = 2.82$

## 【0042】

【実施例3】実施例3の具体的な数値を(表11)に示す。実施例3では、両面非球面对物レンズの入射面側(第1面側)に位相格子を設けている。第1のディスクに対して位相格子の0次回折光を、第2のディスクに対して1次回折光を使用する構成である。位相格子を表すパラメータを(表12)に示す。また、レンズの性能を表すパラメータを(表13)に示す。表13からわかるように、第1のディスクでコマ収差を完全に補正するまでレンズをあおり調整した状態で、第2のディスクを透過したときに発生するコマ収差、すなわち残存コマ収差ZCは、わずか14.5mλと非常に小さな値となっている。実施例3では、第1のディスクにおける焦点位置と、第2のディスクにおける焦点位置の差を0.47mmとすることにより、0次回折光、1次回折光以外の回折光、例えば、2次回折光や-1次回折光などの迷光の影響を受けにくい構成となっている。なお、実施例3の第1のディスクに対する収差図を図7に示し、第2のディスクに対する収差図を図8に示す。

## 【0043】

## 【表11】

10

20

30

40

50

16

$f_1 = 3.300$   
 $f_2 = 3.536$   
 $fd = -46.64$   
 $R_1 = 2.1400000$   
 $R_2 = -13.0643$   
 $d = 1.96$   
 $n = 1.58505$   
 $WD_1 = 1.804$   
 $WD_2 = 1.674$   
 $CC_1 = -0.6688580$   
 $A_{1,0} = 0.2167700 \times 10^{-2}$   
 $A_{1,2} = 0.1006760 \times 10^{-3}$   
 $A_{1,4} = -0.2885640 \times 10^{-6}$   
 $A_{1,6} = -0.7414980 \times 10^{-9}$   
 $CC_2 = -0.8244420 \times 10^{-2}$   
 $A_{2,0} = 0.4438020 \times 10^{-2}$   
 $A_{2,2} = -0.1404200 \times 10^{-2}$   
 $A_{2,4} = 0.1666000 \times 10^{-5}$   
 $A_{2,6} = -0.5929770 \times 10^{-5}$

## 【0044】

## 【表12】

$Rd = 2.140014877$   
 $dd = 0$   
 $CCd = -0.6688598$   
 $Ad_0 = 0.2167624 \times 10^{-2}$   
 $Ad_2 = 0.1006697 \times 10^{-3}$   
 $Ad_4 = -0.2873216 \times 10^{-6}$   
 $Ad_6 = -0.7416493 \times 10^{-9}$   
 $Ad_{1,2} = 0.7821931 \times 10^{-9}$   
 $Ad_{1,4} = -0.1110520 \times 10^{-9}$   
 $nd = 6601$

## 【0045】

## 【表13】

$J_1 = 8.4$   
 $J_2 = 53.9$   
 $D_1 = -100.3$   
 $D_2 = -66.4$   
 $L_1 = -58.9$   
 $L_2 = -22.5$   
 $A_1 = 0.64$   
 $A_2 = 1.80$   
 $DA = -1.16$   
 $ZC = 14.49$

【0046】

【実施例4】実施例4の具体的数値を(表14)に示す。実施例4では、両面非球面对物レンズの入射面側(第1面側)に位相格子を設けている。第1のディスクに対して位相格子の1次回折光を、第2のディスクに対して0次回折光を使用する構成である。位相格子を表すパラメータを(表15)に示す。また、レンズの性能を表すパラメータを(表16)に示す。表16からわかるように、第1のディスクでコマ収差を完全に補正するまでレンズをあおり調整した状態で、第2のディスクを透過したときに発生するコマ収差、すなわち残存コマ収差ZCは、わずか5.08mλと非常に小さな値となっている。

【0047】実施例4では回折素子に正のパワーを与えている。従って、屈折素子との組み合わせにより、レンズの色収差を補正することができる。書き換え可能な光ディスクにおいては、再生時と書き込み時の半導体レーザの出力が大きく異なり、そのため波長変動が生じる。実施例4のように、回折光を使用する第1のディスクに対して、使用波長近傍で色収差を0にすることにより、半導体レーザの波長変動に対して焦点ずれの無いレンズを実現することができる。なお、実施例4の第1のディスクに対する収差図を図9に示し、第2のディスクに対する収差図を図10に示す。

【0048】

【表14】

$$f_1 = 3.125$$

$$f_2 = 3.300$$

$$fd = 51.83$$

$$R_1 = 2.3647415$$

$$R_2 = -30.8132$$

$$d = 2.00$$

$$n = 1.68219$$

$$WD_1 = 1.608$$

$$WD_2 = 1.408$$

$$CC_1 = -0.5793103$$

$$A1_4 = 0.1716761 \times 10^{-2}$$

$$A1_6 = -0.2394857 \times 10^{-3}$$

$$A1_8 = -0.1126859 \times 10^{-5}$$

$$A1_{10} = -0.2943749 \times 10^{-5}$$

$$A1_{12} = -0.1771332 \times 10^{-5}$$

$$A1_{14} = -0.4725185 \times 10^{-6}$$

$$A1_{16} = -0.7873098 \times 10^{-7}$$

$$A1_{18} = -0.3364102 \times 10^{-8}$$

$$CC_2 = -0.1723754 \times 10^{-4}$$

$$A2_4 = 0.4322907 \times 10^{-3}$$

$$A2_6 = -0.6731402 \times 10^{-3}$$

$$A2_8 = -0.1744171 \times 10^{-3}$$

$$A2_{10} = -0.2295241 \times 10^{-4}$$

$$A2_{12} = -0.1377768 \times 10^{-5}$$

$$A2_{14} = 0.2275220 \times 10^{-5}$$

$$A2_{16} = 0.1627804 \times 10^{-6}$$

$$A2_{18} = 0.6362121 \times 10^{-7}$$

【0049】

【表15】

$$Rd = 2.3647252$$

$$dd = 0$$

$$CCd = -0.5793877$$

$$Ad_4 = 0.1716582 \times 10^{-2}$$

$$Ad_6 = -0.2394999 \times 10^{-3}$$

$$Ad_8 = -0.1125483 \times 10^{-5}$$

$$Ad_{10} = -0.2945767 \times 10^{-5}$$

$$Ad_{12} = -0.1771131 \times 10^{-5}$$

$$Ad_{14} = -0.4724719 \times 10^{-6}$$

$$Ad_{16} = -0.7874497 \times 10^{-7}$$

$$Ad_{18} = -0.3364664 \times 10^{-8}$$

$$nd = 6601$$

【0050】

【表16】

19

$$J_1 = 7.8$$

$$J_2 = 41.5$$

$$D_1 = -100.0$$

$$D_2 = -65.8$$

$$L_1 = -42.2$$

$$L_2 = -16.2$$

$$A_1 = 0.46$$

$$A_2 = 0.67$$

$$DA = -0.21$$

$$ZC = 5.08$$

$$Vs = 440.98$$

$$Vd = -33$$

$$fa^2 (1/(fd \cdot Vd) + 1/(fs \cdot Vs)) = 0.001$$

## 【0051】

【実施例5】実施例5の具体的数値を(表17)に示す。実施例5では、図2に示すように、対物レンズとは別体の平面基板状の第2面側に位相格子を設けている。第1のディスクに対して位相格子の0次回折光を、第2のディスクに対して1次回折光を使用する構成である。位相格子を表すパラメータを(表18)に示す。平面基板の厚さと屈折率については、平行光線が入射するため、設計上全く影響がないので、ここでは省略した。位相格子を表すパラメータを(表19)に示す。表19からわかるように、第1のディスクでコマ収差を完全に補正するまでレンズをあおり調整した状態で第2のディスクを透過したときに発生するコマ収差、すなわち残存コマ収差は、わずか5.69mλと非常に小さな値となっている。なお、実施例5の第1のディスクに対する収差図を図11に示し、第2のディスクに対する収差図を図12に示す。

## 【0052】

## 【表17】

$$f_1 = 3.300$$

$$f_2 = 3.192$$

$$fd = -57.95$$

$$R_1 = 2.235159$$

$$R_2 = -9.4913$$

$$d = 2.0$$

$$n = 1.58505$$

$$WD_1 = 1.830$$

$$WD_2 = 1.631$$

$$CC_1 = -0.5937478$$

$$A1_4 = 0.5858212 \times 10^{-3}$$

$$A1_6 = 0.7802548 \times 10^{-4}$$

$$A1_8 = 0.3114840 \times 10^{-4}$$

$$A1_{10} = 0.3927729 \times 10^{-5}$$

$$A1_{12} = 0.5753915 \times 10^{-6}$$

$$A1_{14} = 0.1415412 \times 10^{-8}$$

$$A1_{16} = 0.3625273 \times 10^{-7}$$

$$A1_{18} = 0.7264171 \times 10^{-8}$$

$$CC_2 = -0.2269465 \times 10^{-2}$$

$$A2_4 = 0.6356839 \times 10^{-2}$$

$$A2_6 = -0.4802380 \times 10^{-3}$$

$$A2_8 = 0.1380802 \times 10^{-3}$$

$$A2_{10} = 0.1620924 \times 10^{-4}$$

$$A2_{12} = 0.1551148 \times 10^{-5}$$

$$A2_{14} = -0.8947881 \times 10^{-7}$$

$$A2_{16} = -0.5750018 \times 10^{-7}$$

$$A2_{18} = -0.1026666 \times 10^{-7}$$

## 【0053】

## 50 【表18】

21

$$Rd = 2382500.0$$

$$dd = 5$$

$$CCd = 0.0$$

$$Ad_4 = -0.7433126 \times 10^{-8}$$

$$Ad_6 = -0.5174579 \times 10^{-8}$$

$$nd = 6601$$

【0054】

【表19】

$$J_1 = -176.9$$

$$J_2 = -12.3$$

$$D_1 = -92.0$$

$$D_2 = -63.5$$

$$L_1 = -63.9$$

$$L_2 = -23.7$$

$$A_1 = 0.24$$

$$A_2 = 0.31$$

$$DA = -0.08$$

$$ZC = 5.69$$

【0055】

【実施例6】実施例6の具体的な数値を(表20)に示す。実施例6では、両面非球面対物レンズの入射面側(第1面側)に位相格子を設けている。第1のディスクに対して位相格子の1次回折光を、第2のディスクに対して0次回折光を使用する構成である。位相格子を表すパラメータを(表21)に示す。また、レンズの性能を表すパラメータを(表22)に示す。表22からわかるように、第1のディスクでコマ収差を完全に補正するまでレンズをあおり調整した状態で、第2のディスクを透過したときに発生するコマ収差、すなわち残存コマ収差ZCは、わずか7.8mλと非常に小さな値となっている。

【0056】実施例6では回折素子に正のパワーを与えている。従って、屈折素子との組み合わせにより、レンズの色収差を補正することができる。書き換え可能な光ディスクにおいては、再生時と書き込み時の半導体レーザの出力が大きく異なり、そのため波長変動が生じる。実施例6のように、回折光を使用する第1のディスクに対して、使用波長近傍で色収差を0にすることにより、半導体レーザの波長変動に対して焦点ずれの無いレンズを実現することができる。また実施例6においては、レンズの第1面と第2面がディセンタした時の性能劣化をなるべく抑えて設計してある。従って、製造公差が緩いものとなり作り易いレンズとなる。なお、実施例6の第1のディスクに対する収差図を図13に示し、第2のディスクに対する収差図を図14に示す。

【0057】

22

【表20】

$$f_1 = 3.300$$

$$f_2 = 3.478$$

$$fd = 63.47$$

$$R_1 = 2.42$$

$$R_2 = -72.94026$$

$$d = 1.92$$

$$n = 1.68039$$

$$WD_1 = 1.800$$

$$WD_2 = 1.601$$

$$CC_1 = -0.5073552$$

$$A1_4 = 0.6334136 \times 10^{-3}$$

$$A1_6 = -0.7720862 \times 10^{-4}$$

$$A1_8 = 0.1135758 \times 10^{-4}$$

$$A1_{10} = 0.9083080 \times 10^{-6}$$

$$A1_{12} = -0.4623212 \times 10^{-6}$$

$$A1_{14} = -0.1316056 \times 10^{-6}$$

$$A1_{16} = 0.6379332 \times 10^{-8}$$

$$CC_2 = -0.8242913 \times 10^{-4}$$

$$A2_4 = 0.1045507 \times 10^{-2}$$

$$A2_6 = 0.8918325 \times 10^{-4}$$

$$A2_8 = -0.2597592 \times 10^{-4}$$

$$A2_{10} = -0.8378008 \times 10^{-5}$$

$$A2_{12} = -0.1866804 \times 10^{-5}$$

$$A2_{14} = -0.2319459 \times 10^{-6}$$

$$A2_{16} = 0.2351476 \times 10^{-6}$$

【0058】

【表21】

$$Rd = 2.3647252$$

$$dd = 0$$

$$CCd = -0.5073543$$

$$Ad_4 = 0.6334323 \times 10^{-3}$$

$$Ad_6 = -0.7721048 \times 10^{-4}$$

$$Ad_8 = 0.1135705 \times 10^{-4}$$

$$Ad_{10} = 0.9082609 \times 10^{-6}$$

$$Ad_{12} = -0.4623206 \times 10^{-6}$$

$$Ad_{14} = -0.1316054 \times 10^{-6}$$

$$Ad_{16} = 0.6378943 \times 10^{-8}$$

$$Ad_{18} = -0.8428809 \times 10^{-10}$$

$$nd = 6601$$

【0059】

【表22】

23

$$J_1 = -33.5$$

$$J_2 = 42.4$$

$$D_1 = -98.3$$

$$D_2 = -65.7$$

$$L_1 = -54.9$$

$$L_2 = -17.5$$

$$A_1 = 0.42$$

$$A_2 = 0.75$$

$$DA = -0.33$$

$$ZC = 7.8$$

$$Vs = 439.81$$

$$Vd = -33$$

$$fa^2 (1/(fd \cdot Vd) + 1/(fs \cdot Vs)) = 0.00228$$

【0060】なお、上記各実施例に示した対物レンズは、ガラス成形又は樹脂成形により成形することが好ましい。すなわち、型に回折格子を加工しておくことにより、同一の形状及び性能を有するレンズを大量に、且つ安価に量産することが可能となる。また、実施例5に示した平面基板の回折格子も、同様にガラス成形又は樹脂成形により成形することが好ましい。

【0061】次に、上記本発明の多重焦点対物レンズを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置の構成図を図15に示す。図15において、半導体レーザー7から出射された光は、ハーフミラー8により反射され、折り曲げミラー9により光路の向きを変えられ、対物レンズ10によりディスク11の情報媒体面12上に集光される。ここで、対物レンズ10は図1又は図2に示す構成を有し、ディスク11に対しては位相格子の0次回折光又は1次回折光のいずれか一方を使って集光させる。情報媒体面12に形成された凹凸により集光スポットは回折を受ける。情報媒体面12で反射され、回折されたレーザー光は、ハーフミラー8を透過し、検出レンズ13によりフォトディテクター14上に集光される。フォトディテクター14の電気信号により、情報媒体面12で変調された光量変化を検出し、データを読み取る。

【0062】対物レンズ10は、加工時に生じた製造誤差によりコマ収差を有する場合がある。その場合、対物レンズ10の光軸をディスク11の光軸に対して傾けることによりコマ収差を補正する。次に、ディスク11を厚さの異なるディスクに変えると、位相格子の0次回折光又は1次回折光のうちの前記ディスク11に集光させた回折光とは異なる次数の回折光を、その異なる厚さのディスクに対して集光する。ここで、対物レンズ10は実施例1～5に示した性能を有しているため、基板厚さが増減してもコマ収差が殆ど発生しない。従って、異なる基板厚さに対して異なるあおり調整が不要となり、常に最適なスポットの集光状態で信号を記録再生すること

24

ができる。また、このような異なる基板厚さの光ディスク媒体を、本発明の多焦点対物レンズ又は光ヘッド装置を用いて記録再生することにより、良好な状態で記録再生が可能な光記録再生装置を得ることができる。

【0063】なお、上記各実施例では、光ディスク用対物レンズに対して平行光を入射させる場合について説明したが、半導体レーザーの光を直接1つのレンズで集光したり、又はコリメートレンズで平行光にせずに発散光又は集束光とする有限倍率のレンズであっても良い。また、光ディスク用の対物レンズは両面非球面の単レンズである場合を示したが、片面非球面又は球面組レンズであってもよく、またそれらの複合素子であってもよい。

【0064】また、実施例5では平面基板上に位相格子を設けてたが、平面ではなく、球面又は非球面上に位相格子を設けてもよい。さらに、ホログラムの位置は入射面側又は射出面側のいずれでもよい。さらに、回折光の次数は0次回折光と1次回折光以外であってもよく、1次回折光や2次回折光であってもよい。さらに、3種類以上の異なる基板厚さを再生するために、3種類以上の次数の回折光を用いてもよい。また、対物レンズに一体成形する場合は、その前面又は後面に回折格子を形成してもよい。

【0065】

【発明の効果】以上のように、本発明の多重焦点対物レンズは、回折次数の異なる光線がそれぞれ厚さの異なる複数の基板に対して集光するよう収差補正された回折手段を含み、かつ、対物レンズの軸上コマ収差を補正するために対物レンズ全体を傾ける際、傾斜角が複数の異なる基板厚さに対して略同一であるように構成したので、異なる基板厚さの光ディスクを再生しても、それぞれのディスクに対して良好な集光スポットを得ることができる。特に、製造誤差などにより、軸上においてコマ収差が発生する場合、対物レンズ全体を傾けることにより補正する場合、厚さが異なるディスクを用いても、常に補

正角度が一定であるため、ディスクごとに対物レンズの傾斜角を調整し直す必要がなくなる。

【0066】また、前記(数1)及び(数2)のいずれかの条件を満足することにより、対物レンズを非球面の単レンズで構成し、さらに回折格子を位相格子として、非球面の表面上に一体成形することができ、軽量でかつ作動距離も長く、回折効率の良い対物レンズを実現することができる。また、前記(数3)の条件を満足することにより、回折格子の色収差補正機能を用いることができ、波長変動に対して焦点位置の変化のない色収差補正をした対物レンズを実現することが可能となる。さらに、これらのレンズをガラス成形又は樹脂成形で製造することにより、安価でかつ大量に同一性能の物を量産することが可能となる。

【0067】また、本発明の光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置によれば、異なる基板厚さに対してそれぞれコマ収差の補正量が略同一であるため、基板厚さごとにあおり調整する必要がなく、安価な光ヘッド及び光学情報記録再生装置が実現できるとともに、いずれの基板に対してもコマ収差のない良好なスポットを集光できるため、良好な記録、再生、消去性能が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の多重焦点対物レンズの一構成例を示す光路図

【図2】本発明の多重焦点対物レンズの他の構成例を示す光路図

【図3】本発明の多重焦点対物レンズの実施例1における第1のディスクに対する収差図

【図4】本発明の多重焦点対物レンズの実施例1における第2のディスクに対する収差図

【図5】本発明の多重焦点対物レンズの実施例2における第1のディスクに対する収差図

【図6】本発明の多重焦点対物レンズの実施例2における第2のディスクに対する収差図

【図7】本発明の多重焦点対物レンズの実施例3における第1のディスクに対する収差図

【図8】本発明の多重焦点対物レンズの実施例3における第2のディスクに対する収差図

【図9】本発明の多重焦点対物レンズの実施例4における第1のディスクに対する収差図

【図10】本発明の多重焦点対物レンズの実施例4における第2のディスクに対する収差図

【図11】本発明の多重焦点対物レンズの実施例5における第1のディスクに対する収差図

【図12】本発明の多重焦点対物レンズの実施例5における第2のディスクに対する収差図

【図13】本発明の多重焦点対物レンズの実施例6における第1のディスクに対する収差図

【図14】本発明の多重焦点対物レンズの実施例6における第2のディスクに対する収差図

【図15】本発明の光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置の一実施例の構成を示す斜視図

【図16】従来の光ヘッド装置の光学系の構成を示す光路図

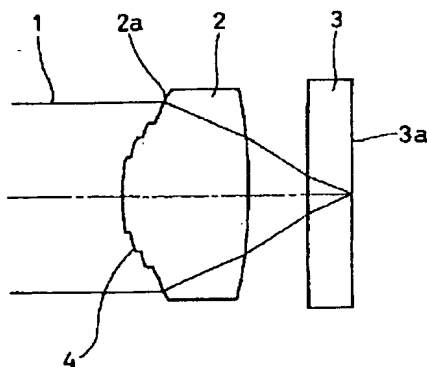
【図17】従来のホログラムを用いた2焦点対物レンズの構成を示す光路図

【図18】従来のホログラムを用いた2焦点対物レンズにおける対物レンズのあおり調整を示す光路図

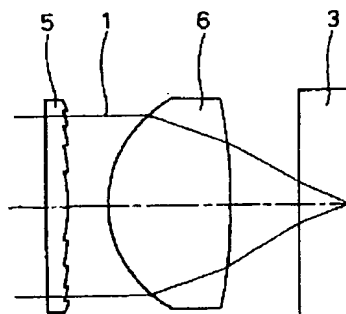
#### 【符号の説明】

- 1 : 入射光線
- 2 : 対物レンズ
- 3 : ディスク
- 4 : 位相格子

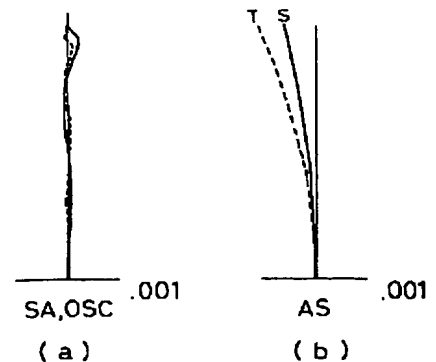
【図1】



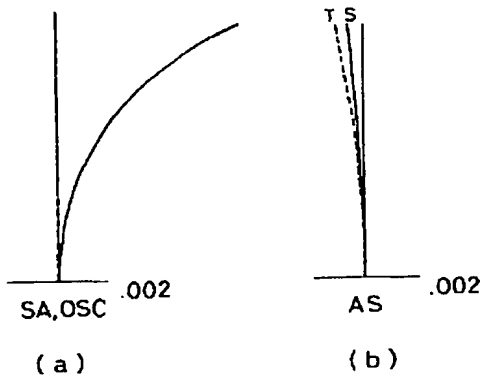
【図2】



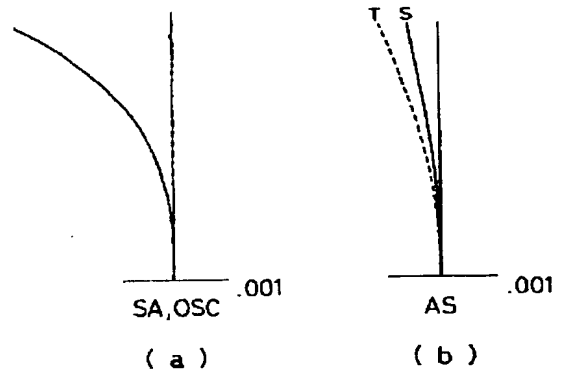
【図3】



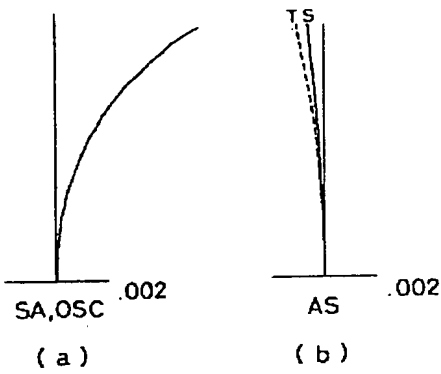
【図4】



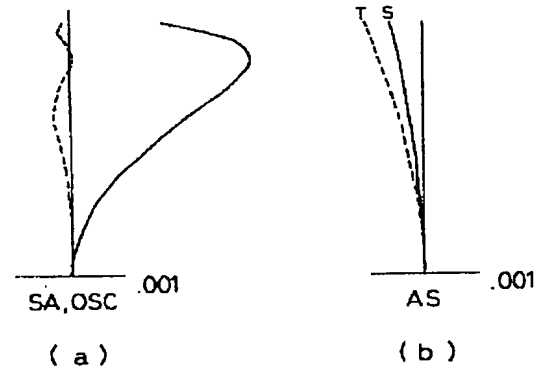
【図5】



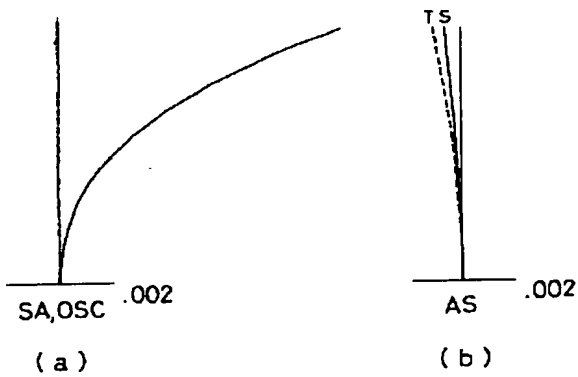
【図6】



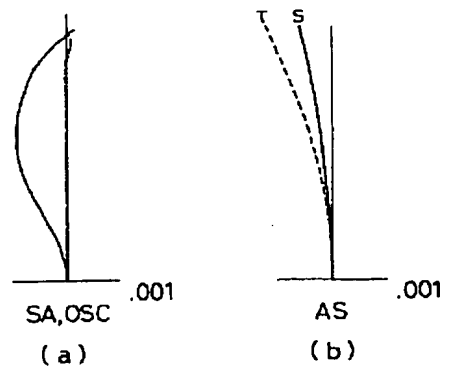
【図7】



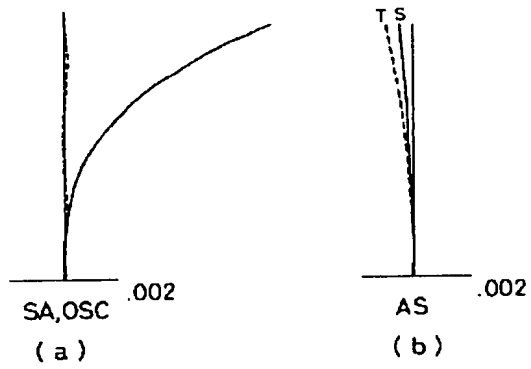
【図8】



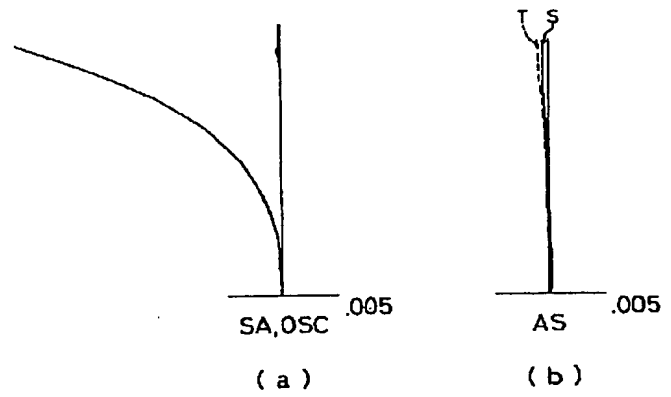
【図9】



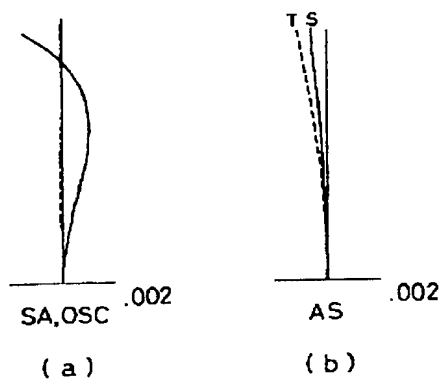
【図10】



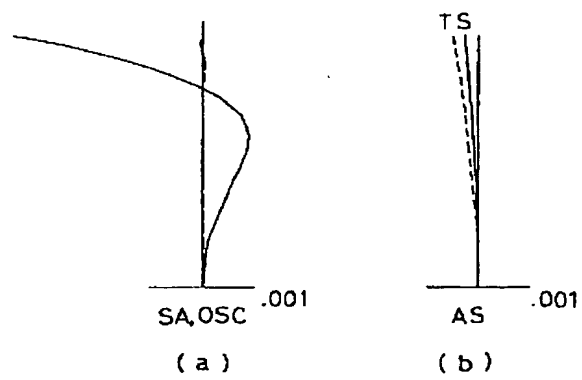
【図11】



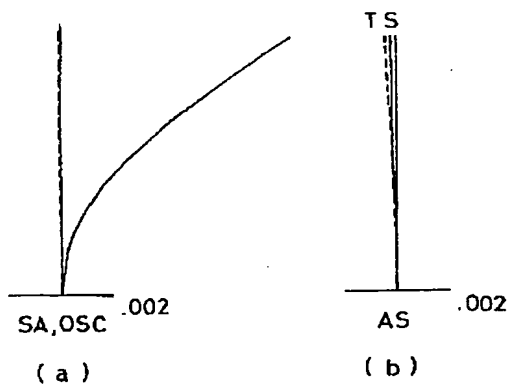
【図12】



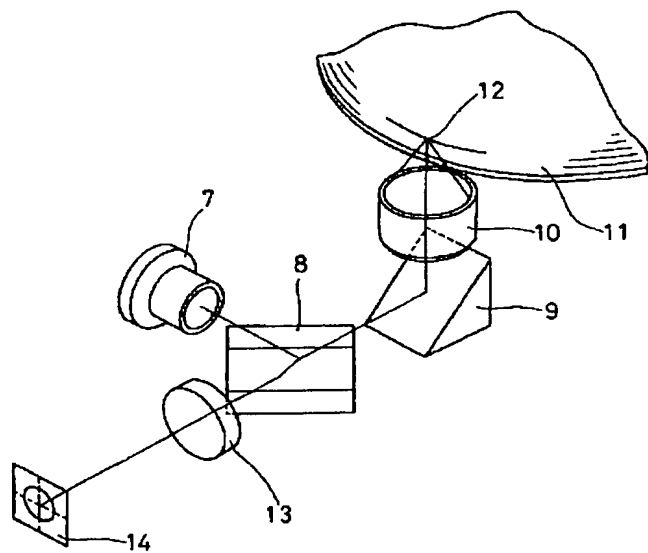
【図13】



【図14】

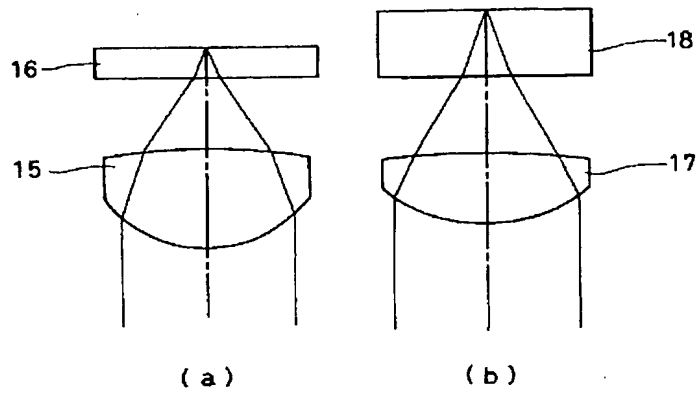


【図15】

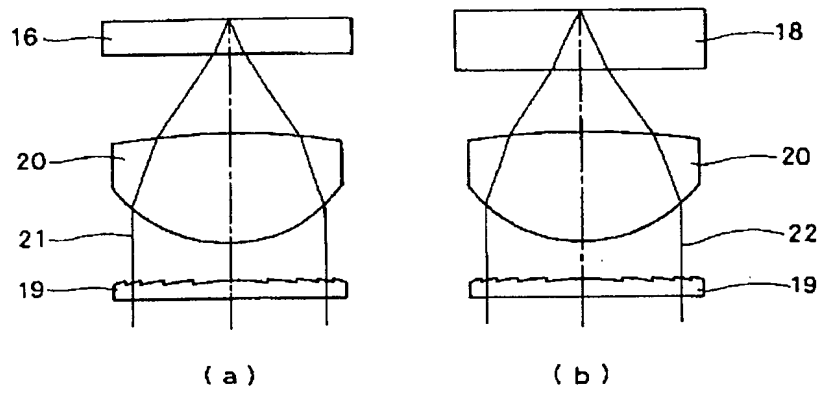




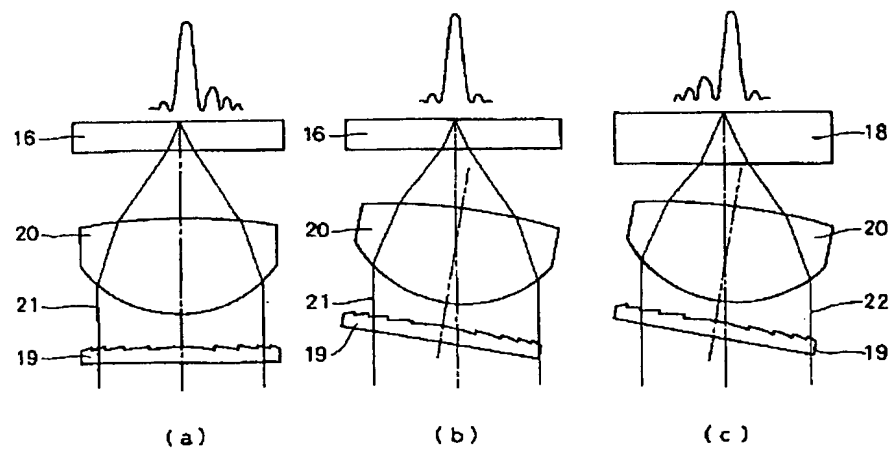
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72) 発明者 水野 定夫  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内